



Ю. В. Підлипний¹, Т. В. Гуштан¹, Л. П. Каганець-Гаврилко², О. С. Самсонов¹

¹ Ужгородський торговельно-економічний інститут Державного ТЕСУ, м. Ужгород, Україна

² ВСП "Ужгородський торговельно-економічний фаховий коледж Державного ТЕСУ, м. Ужгород, Україна

МОЖЛИВОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬ ДЛЯ ДІДЖИТАЛІЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В БУДІВНИЦТВІ

Запропоновано концептуальний підхід до управління будівельними ризиками в діджиталізованому середовищі з використанням онтологічної структуризації для нагромадження знань щодо ризиків, факторів та шляхів їх актуалізації. Актуальність теми зумовлена недостатністю використання інформаційних технологій для управління будівельними ризиками в Україні. Проаналізовано наукові дослідження з обраної проблематики, використано методи групування та структурування інформації, оцінено технологічні можливості інформаційного моделювання будівель (BIM) та семантичної web-технології для створення онтологічної методології для управління знаннями про ризики будівництва. З'ясовано, що управління безпекою в будівництві є трудомістким процесом, який потребує значних затрат часу і великих обсягів знань інженерів-проектувальників. Проаналізовано наявні інструменти цифровізації управління ризиками. Рекомендовано зосереджувати в діджиталізованому середовищі семантично організовані, онтологічно анотовані та динамічно пов'язані з конкретними будівельними проектами знання про ризики для забезпечення візуальної підтримки інформаційної карти, аналізу і повторного використання збережених знань. Запропоновано створювати карти ризиків з фіксацією їх потенційної взаємозалежності у вигляді семантичної мережі структурованих знань. Показано, що в межах представленої концепції забезпечується ідентифікація будівельних процесів і потенційних ризиків з одночасним аналізом факторів і шляхів, що сприяє адекватному вибору запобіжних заходів. Окреслено переваги застосування BIM у підтриманні планування безпеки та інтеграції автоматизованої ідентифікації ризиків на спеціалізованих цифрових платформах. Зазначено про обмеження представленого концептуального рішення, окреслено шляхи їх вирішення. В майбутньому доцільно розширити дослідження, включивши, окрім суто будівельних, інші типи ризиків, зокрема логістичні та інфраструктурні.

Ключові слова: будівельний проєкт; діджиталізоване середовище; web-технології; цифрова база знань; онтологічна структуризація; семантичний пошук даних.

Вступ / Introduction

Післявоєнне відновлення та подальше ефективне функціонування соціально-економічної системи України потребують системного реформування її найважливішого драйвера розвитку – будівельної галузі. Про важливість удосконалення організації будівельної діяльності свідчить розгляд у Верховній Раді України законопроектів щодо реформування сфери містобудівної діяльності, в якому наголошується на необхідності створення конкурентного прозорого ринкового середовища, розумної регуляції та автоматизації надання послуг у відповідній сфері [15]. Якісним джерелом реформування

може стати цифрова трансформація процесів планування, проектування, будівництва та експлуатації будівель. Тенденції розвитку будівельної галузі в економічно успішних країнах свідчать, що одним з найефективніших інструментів діджиталізації технологічно-виробничих процесів є інформаційне моделювання будівель (BIM), яке забезпечує інтегровані рішення для управління бізнесом, одночасно підвищуючи задоволеність замовників щодо часу, вартості, безпеки, якості та функціональності будівельних проєктів. Певні кроки в цьому напрямі вже здійснюються, зокрема створено державний реєстр для ідентифікації відомостей про об'єкти

Інформація про авторів:

Підлипний Юрій Васильович, канд. техн. наук, доцент, кафедра технології і організації ресторанного господарства.

Email: pidlypnyu@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5431-2638>

Гуштан Тетяна Вікторівна, канд. екон. наук, доцент, кафедра технології і організації ресторанного господарства.

Email: tetyanadk@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-0299-0437>

Каганець-Гаврилко Леся Петрівна, викладач. Email: lesagavrillko71@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2800-1465>

Самсонов Олександр Сергійович, студент. Email: alexander.samsonov.evolution@gmail.com

Цитування за ДСТУ: Підлипний Ю. В., Гуштан Т. В., Каганець-Гаврилко Л. П., Самсонов О. С. Можливості інформаційного моделювання будівель для діджиталізованого управління ризиками в будівництві. Науковий вісник НЛТУ України. 2023, т. 33, № 1. С. 45–51.

Citation APA: Pidlypnyi, Yu. V., Hushtan, T. V., Kahanets-Havrylko, L. P., & Samsonov, O. S. (2023). Possibilities of building information modeling (BIM) for digitized risk management in construction. *Scientific Bulletin of UNFU*, 33(1), 45–51.

<https://doi.org/10.36930/40330107>

будівництва з прив'язкою до дозвільної, містобудівної, проектної документації. Однак, незважаючи на усвідомлення потенціалу діджиталізації, в середовищі вітчизняних будівельних організацій інформаційні технології створення та обміну цифровими знаннями використовуються недостатньо і несистемно. Значні проблеми галузі зумовлені низкою ризиків, пов'язаних з технологічним відставанням, корупційними проявами, випадками самовільного або напівлегального будівництва, високим травматизмом тощо. Чинними державними будівельними нормами визначено економічні, юридичні, адміністративні та архітектурно-будівельні фактори виникнення ризиків у будівництві [20], однак процедури управління ризиками досі не залучені в сучасні інформаційні системи, що підтверджує актуальність обраної теми дослідження.

Об'єкт дослідження – процеси ідентифікації будівельних проектів і ризиків.

Предмет дослідження – методологічні засади концептуалізації інформаційного моделювання для управління ризиками в будівництві.

Мета роботи – розробити концептуальний підхід до управління будівельними ризиками в діджиталізованому середовищі BIM з використанням онтологічної структуризації для нагромадження знань щодо ризиків, факторів та шляхів їх актуалізації.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

1. Проаналізувати наявні інструменти цифровізації управління ризиками в будівництві.
2. Виявити можливості web-технологій для управління знаннями про будівельні ризики.
3. Запропонувати концептуальне рішення щодо ідентифікації ризиків у діджиталізованому середовищі для адекватного вибору запобіжних заходів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання управління ризиками в будівництві науковці розглядають здебільшого диференційовано. Зокрема, у вітчизняній літературі ґрунтовно проаналізовано системи регулювання нормативних вимог в Україні та ЄС [13], обґрунтовано теоретичні засади управління екологічними ризиками [24], запропоновано використання методу аналізу ієрархій для оцінювання інфраструктурних ризиків [21]. Досліджуючи проблеми проектних ризиків, науковці запропонували інтегрувати у проект план управління ризиками для забезпечення своєчасної ідентифікації потенційних проблем [8], розробили механізм управління ризиками шляхом компенсаторного фінансування на основі відкладених податкових платежів [19], представили ієрархічну модель кількісного оцінювання ризиків антикризового управління за допомогою аналізу чутливості [18].

Інший напрям наукових досліджень стосується вирішення проблем діджиталізації будівництва. Зокрема, досліджено задачі моделювання засобами теорії інформації [11], запропоновано систему інформаційного моделювання, базовану на технологічно підпорядкованій організації взаємодії учасників інвестиційно-будівельної діяльності [12], обґрунтовано використання інформаційних технологій для переходу від двовимірної проектної документації до об'єктно-орієнтованої багатовимірної інформаційної моделі [10]. Оцінюючи можливості використання BIM, науковці зосереджували увагу на питаннях еволюції та перспектив розвитку ін-

формаційного моделювання в будівництві [23], проблеми скорочення термінів і вартості проектування та оптимізації проектних рішень [4].

Як бачимо, у вітчизняній науковій літературі немає досліджень, в яких описані вище питання були б інтегровані в спільній моделі діджиталізованого управління ризиками в будівництві. Дещо більше досліджень подібної тематики виявили в англійській науковій літературі. Зокрема, зарубіжні науковці ідентифікували високі пріоритетні фактори системи управління безпекою для проактивного оцінювання та контролю [17], запропонували модель управління планом безпеки будівництва на основі автоматизованого аналізу контенту [14], презентували методику інтегрованого оцінювання ризику на основі випереджальних індикаторів [9], змодельували інтерпретацію нульових ризиків на рівні профілактики безпеки на будівельних майданчиках [3], розробили процедуру виявлення критичних факторів для ефективного впровадження програм безпеки в будівельних проектах [2]. Отож, попри безумовну цінність наведених результатів наукових досліджень, питання структурованого нагромадження, відтворення та семантичного пошуку даних з можливістю повторного використання залишаються невирішеними.

Матеріали та методи дослідження. У дослідженні проаналізовано наукову літературу, застосовано методи групування та структурування інформації, технологічні можливості BIM та семантичної web-технології для створення онтологічної методології з управління знаннями про ризики будівництва в діджиталізованому середовищі, призначеної для організації, зберігання та повторного використання знань про ризики, їх шляхи та актуалізатори.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Після 24 лютого 2022 р., коли росія здійснила повномасштабне військове вторгнення, практично у всіх регіонах України призупинились будівельні роботи. У міру деокупації територій зростає активність будівельної галузі, яку можна вважати драйвером соціально-економічного відновлення держави. Водночас функціонування будівельних організацій в Україні ускладнюється низкою взаємопов'язаних проблем: високою ресурсомісткістю (зокрема й енергоємністю) будівництва, застарілістю нормативно-правового забезпечення, низькою ефективністю проектного менеджменту, аварійністю об'єктів. Недостатній прогрес у створенні, поширенні та використанні цифрової інформації призводить до звуження аналітичних можливостей щодо планування стратегій запобігання ризикам.

Управління ризиками в будівельних проектах є складним завданням, у вирішенні якого інженери зазвичай спираються на нормативні акти, наявну проектну документацію та індивідуальний досвід. Адекватне визначення можливих ризиків потрібне для розроблення відповідних заходів протидії чи профілактики, однак двовимірна конструкція документації як інформаційної підтримки ухвалення рішень не забезпечує їх ефективної ідентифікації. До того ж, інформаційна статичність документації не здатна охоплювати динамічні параметри розвитку будівельного проекту, оскільки зазвичай представляє тільки його певний етап.

Серед функцій ризику прийнято виокремлювати стимуляційну та захисну. Стимуляційна може реалізовуватись як у конструктивному напрямку, сприяючи досягненню запланованого результату проєкту, так і в деструктивному, призводячи до негативного результату. Водночас, захисна функція ризику в будівництві спрямована на пошук шляхів запобігання або нівелювання загрозливих чинників [5, с. 23].

Основні проблеми управління ризиками в будівництві можна структурувати так:

- інформація щодо будівельних ризиків є фрагментованою та розпорошеною між численними нормативними актами, відомостями про нещасні випадки, власним досвідом керівників проєкту та, інколи – узагальнення кращих практик у науковій літературі. Отож, опрацювання таких великих масивів інформації потребує значних зусиль і затрат часу, навіть за умови, що подібні ризики вже існували і ретельно описані;
- у реальній практиці ідентифікація потенційних будівельних ризиків і відповідні зусилля з планування заходів запобігання і нівелювання часто є помилковими через інформативну обмеженість;
- складність розповсюдження знань про ризики зумовлюється неповним представленням інформації, до того ж, часто з використанням паперових або неструктурованих електронних документів.

На практиці контрольні списки ризиків здебільшого використовують як інструмент, який допомагає інженерам визначити потенційні фактори їх актуалізації. Деколи використовують класифіковані за групами ризики, щоб управляти списками за допомогою структури розподілу, однак ці інструменти майже завжди унеможливають причинно-наслідкові зв'язки [22]. У багатьох системах управління ризиками взаємозалежності моделюються в системі реляційної бази даних, водночас семантичні зв'язки при цьому рідко бувають явно вираженими, а пошук залежностей між складними структурами таблиць є доволі трудомістким через складну структуру взаємодії [6].

Одним із сучасних інструментів вирішення описаної проблеми може стати включення BIM в інформаційне середовище системи управління ризиками. BIM надає потенціал для багатьох процесів аналізу та моделювання, які неможливі за допомогою традиційних підходів до двовимірного проєктування через статичність зв'язків інформації з моделями будівельних об'єктів, оскільки забезпечує динамічну інтеграцію.

Попри те, що в будівельних організаціях багатьох країн вони різною мірою використовуються вже понад 20 років, подолавши шлях від операційного інструменту для тривимірного проєктування до концептуального сприйняття як потужного координаційного ядра впродовж всього життєвого циклу проєкту (враховуючи планування, проєктування, будівництво та експлуатацію будівлі), в Україні використання BIM-технологій тільки набирає обертів. В ухваленій 2021 р. Кабінетом Міністрів України Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання зазначено про важливість розроблення й спільного використання будівельної інформаційної моделі в ролі набору структурованих інформаційних контейнерів, призначених для розроблення проєктної та кошторисної документації і рекомендацій щодо експлуатації об'єктів будівництва [16].

Загалом прийняття рішення про впровадження новітніх цифрових технологій в будівництві є складним багатоетапним процесом, що зумовлено обізнаністю з

їх можливостями і перевагами, усвідомленням корисності для конкретного проєкту, оціненням прогнозованої ефективності використання (технології загалом або окремих її елементів), перспективами набуття компетенцій тощо (рис. 1).



Рис. 1. Модель прийняття рішення про впровадження новітньої технології / Model of decision-making on the introduction of the latest technology

У контексті управління ризиками корисними перевагами використання BIM є можливість створення діджитал-системи управління знаннями у віртуалізованому середовищі для організації, зберігання і використання знань про наявні та потенційні ризики будівництва для розроблення способів їх запобігання або нівелювання негативних наслідків.

Класифіковані знання щодо ризиків конструювання будівель доцільно моделювати в семантичну мережу (інформаційну модель предметної області) для створення карти ризиків, із фіксуванням їх можливої взаємодії та/або взаємозалежності. За допомогою механізмів пошуку ці знання можуть динамічно пов'язуватись у середовищі BIM і використовуватись у розробленні рекомендацій для конкретних будівельних проєктів. Такий інструмент управління знаннями про ризики будівництва дає змогу полегшити повторне використання знань під час процесу аналізу ризиків.

На сьогодні в будівництві використовують декілька діджиталізованих методів аналізу та моделювання ризиків: контрольні списки можливих ризиків, таблиці аналізу потенційних ризиків та їх наслідків Failure Mode and Effects Analysis – FMEA, структуровану перевірку системи для виявлення потенційних уразливостей, причинно-наслідкових зв'язків та ініціаторів відхилень HAZOP, дерево ідентифікації ризиків FTA [1]. Ці методи частково або повністю включені в сучасні програмні продукти з управління ризиками проєктування. Для покращення показників безпеки сучасні інженери також можуть використовувати низку додатків для управління ризиками, зокрема web-систему адаптації для управління знаннями про безпеку для будівельників, концептуальна основа якої, представлена в об'єктно-орієнтованому підході, була запропонована Y. Goh та D. Chua [7].

Першим кроком у процесі адаптації є видалення з отриманого дерева ідентифікації будь-яких нерелевантних вузлів інциденту. Ця адаптація базується на релевантності індексу конкретної події інциденту з набором ситуаційних змінних вхідного випадку до індексів відомих інцидентів (знання про які вже є збереженими) в дереві ідентифікації. У прикладі, поданому на рис. 2, у дереві ідентифікації подія № 2 є подією ризику, пов'язаного з індексами *Дія = Різання* і *Об'єкт опрацювання = Труба сталевая*, які своєю чергою є підмножиною індексів, показаних у кореневому вузлі. Такі показники є актуальними для ризик-події, оскільки об'єктом ушкодження є сталевая труба під час її різання без належної підтримки. Процес адаптації полягає у порівнянні ін-

дексів події інциденту з відповідними ситуаційними змінними вхідного випадку та видаленні вузлів (зокрема і дочірніх), що створюють ризик. Порогове значення подібності на стадії проектування може регулюватись для збалансування релевантності інцидентів і кількості відповідних вузлів подій, які потрібно зберегти.

Перевагою застосування BIM є можливість підтримання планування безпеки шляхом додавання до проекту запланованих тимчасових змін та заходів безпеки. Доцільно звернути увагу на можливості BIM для інтеграції автоматизованої ідентифікації ризиків на спеціалізованих цифрових платформах для запобігання нещасним випадкам під час будівництва. Зауважимо, що на сьогодні розроблені та функціонують спеціалізовані цифрові платформи, призначені для управління компонентами безпеки будівництва на основі BIM, у яких

знання, пов'язані з компонентами безпеки будівництва, такими як обладнання безпеки, збираються та представляють для прийняття безпекових рішень у проектуванні. Отож, наведені аргументи беззаперечно доводять корисність використання BIM для покращення аналізу ризиків у прийнятті рішень.

Водночас зазначені діджитал-інструменти зосереджені насамперед на використанні переваг засобів візуалізації та інформаційного середовища BIM в проектному менеджменті. Отож, постає необхідність розроблення методології, здатної забезпечити вторинне використання знань про будівельні ризики в середовищі BIM для полегшення процесу їх аналізу (рис. 3) внаслідок інтеграції процесів нагромадження, відтворення та семантичного пошуку даних.

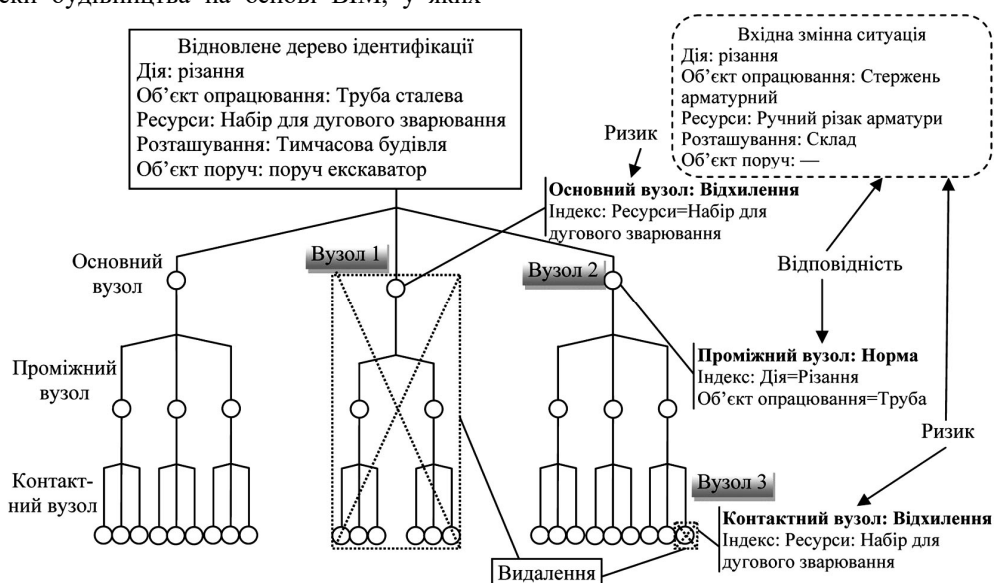


Рис. 2. Схема процесу адаптації дерева ідентифікації / Scheme of the identification tree adaptation process. Побудовано за матеріалами / Built on materials [7]

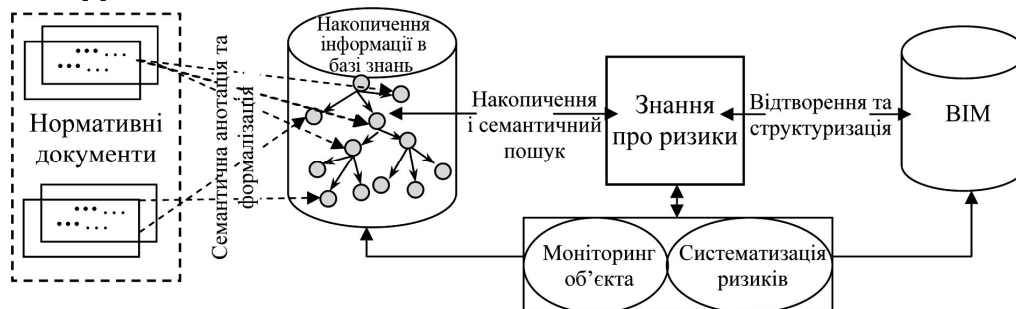


Рис. 3. Схема використання знань про ризики в середовищі BIM / Scheme of using knowledge about risks in the BIM environment

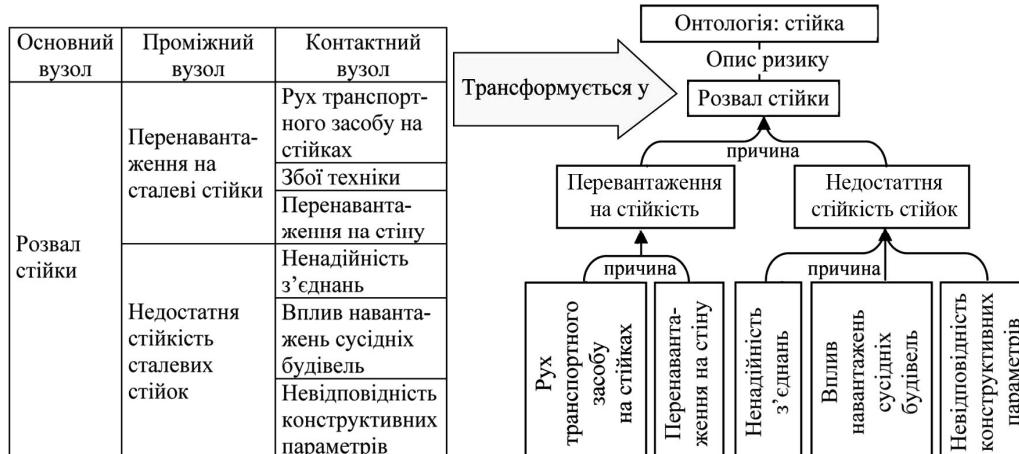


Рис. 4. Онтотична ідентифікація факторів актуалізації ризику / Ontological identification of risk actualization factors

В інженерній практиці більшість знань про ризики доцільно семантично анотувати за допомогою понять / властивостей в онтології (категорійному описі), що дає змогу структурувати наявні документи та знання, а надалі здійснювати обґрунтований пошук через анотації.

Знання щодо будівельних ризиків доцільно описувати у двох вимірах:

- категорія ризиків: фактори, правила, заходи запобігання, наслідки тощо;
- категорія моніторингу об'єктів: моделі впливу будівельних ризиків на об'єкт (враховуючи контекстуальні відмінності щодо різних будівельних продуктів), методи будівництва, будівельні ресурси, будівельна діяльність, процеси будівництва тощо.

Онтологічне структурування дасть змогу ідентифікацію ризиків з чітким описом їх контексту, що корисно для пошуку причинно-наслідкових зв'язків між ризиками та факторами їх актуалізації (рис. 4). Окрім цього, будівельні ризики часто є пов'язаними між собою, спричиняючи каскадну реакцію, тому під час структурування доцільно передбачати і будувати можливі мережі шляхів актуалізації ризиків, створюючи відповідні програми специфікацій безпеки.

Як бачимо, взаємозалежність між ризиками, факторами та шляхами їх актуалізації моделюється в семантичну мережу знань, яка забезпечує користувачу візуальну інформаційну карту. При цьому фактори ризику та їх причинно-наслідкові зв'язки моделюються у шляхи ризику семантичними зв'язками "Причина". Семантичний висновок і пошук на основі онтологічної структуризації забезпечують динамічний механізм зв'язку між застосовними знаннями про ризики та об'єктами моніторингу. У прикладному застосуванні BIM ризики, пов'язані з певним будівельним об'єктом, мають стати доступними для інших об'єктів у базі знань. Отже, знання щодо ризиків перестають бути статично пов'язаними з конкретним будівельним проектом, що забезпечує їх повторне використання із гнучким урахуванням особливостей нового проекту.

Отже, з огляду на функціональність, запропонована система здатна забезпечити:

- ідентифікацію процесів будівництва та потенційних ризиків;
- аналіз факторів та шляхів ризику;
- адекватний вибір запобіжних заходів щодо ризиків для запобігання виникненню нещасних випадків через ідентифікований ризик.

Водночас важливо зауважити і про обмеження, пов'язані зі складністю семантичного представлення знань про ризики, що зумовлює потребу фахової діджитал-підтримки експертів з побудови домену під час навчання персоналу будівельних організацій. Частково ця проблема вирішується завдяки семантичній анотації документів будівельних ризиків, однак треба зважати, що правильність смислової анотації в документах може не завжди точно відповідати завданню аналізу. Окрім цього, в міру наповнення і розширення цифрової бази знань про ризики, це обмеження буде послаблюватись, і зрештою, верифікація в системі інформації про велику кількість проектів і проектних ризиків дасть змогу досягти достатньо високого рівня точності.

Обговорення результатів дослідження. Наше дослідження спирається на результати, отримані Д. Чашиним зі співат. (2022) щодо використання BIM-технологій для оптимізації проектних рішень на основі досвіду

проектування [4] та роботу М. Martinez-Rojas et al. (2020), в якій запропоновано методологію автоматизації вилучення структурованої релевантної інформації з текстових документів [14]. Засади онтологічного управління знаннями про ризики будівництва побудовані з урахуванням досліджень О. Горди (2020) щодо топології інформаційного простору та інформаційного моделювання будівельних об'єктів [11] і F. Forteza et al. (2022) щодо специфічних ризиків будівництва [6]. Водночас необхідність запропонованого нами забезпечення ідентифікації будівельних ризиків з одночасним аналізом факторів їх ініціалізації підтверджується результатами А. Bavafa et al. (2018), які описали причинно-наслідкові зв'язки між факторами безпеки в будівельних проектах [2] та М. Hallowell et al. (2022), які контекстуалізували використання різних форм інформації та аналітичних методів для прогнозування ймовірності будівельних ризиків [9]. Відповідно, ми запропонували фіксувати потенційну взаємозалежність ризиків у семантичній мережі структурованих знань, що цілком співвідноситься з рекомендаціями Е. Pereira et al. (2018) щодо верифікації високопріоритетних провісників будівельних ризиків [17].

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – запропоновано нове концептуальне вирішення проблеми управління будівельними ризиками з використанням онтологічної структуризації в діджиталізованому середовищі, що дає змогу нагромаджувати знання про будівельні ризики, фактори та шляхи їх актуалізації для адекватного вибору запобіжних заходів.

Практична значущість результатів дослідження – створення карт ризиків у вигляді семантичної мережі структурованих знань забезпечує підтримку планування безпеки будівельних проектів.

Висновки / Conclusions

Виявлення будівельних ризиків і управління безпекою є трудомістким процесом, який потребує значних затрат часу і великих обсягів знань інженерів-проектувальників. Отже, запропоновано концептуальний підхід, заснований на онтологічній структуризації ризиків, факторів та шляхів їх актуалізації, що покращить управління знаннями про будівельні ризики в середовищі BIM. Семантично організовані та динамічно пов'язані з конкретними будівельними проектами знання про ризики пропонуємо зосереджувати в діджиталізованому середовищі для уможливлення та полегшення їх повторного використання для подальшого аналізу. Представлений концептуальний підхід спрямований на забезпечення ідентифікації процесів будівництва та потенційних ризиків, аналіз факторів та шляхів ризику, адекватний вибір запобіжних заходів щодо ризиків для запобігання їх виникненню. Перевагою застосування BIM є можливість підтримки планування безпеки шляхом додавання до проекту запланованих тимчасових змін і заходів безпеки. У майбутньому доцільно розширити дослідження, долучивши, окрім суто будівельних, інші типи ризиків, зокрема логістичні та інфраструктурні.

References

1. Babadzhanova, O. F., & Voitovych, D. P. (2019). Using the FTA method for hazard analysis of ammonia pipelines. *Scientific bulletin*

- tin of NLTU of Ukraine, 29(7), 124-128. <https://doi.org/10.15421/40290725>
2. Bavafa, A., Mahdiyar, A., & Marsono, A. K. (2018). Identifying and assessing the critical factors for effective implementation of safety programs in construction projects. *Safety Science*, 106, 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.02.025>
 3. Carpio-de los Pinos, A. J., González-García, M. N., Pentelhão, L. C., & Baptista, J. S. (2021). Zero-risk interpretation in the level of preventive action method implementation for health and safety in construction sites. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3534. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073534>
 4. Chashyn, D., Rakhmanin, O., & Khil, D. (2022). Implementation of VIM technologies as a basis for creating complex information models in construction management. *Ukrainian Journal of Construction and Architecture*, 1, 63-70. <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.220222.63.834>
 5. Danchenko, O. B., & Zanora, V. O. (2019). Project management: managing risks and changes in management decision-making processes: monograph. Cherkasy: PP Chabanenko. [In Ukrainian].
 6. Forteza, F. J., Carretero-Gómez, J. M., & Sesé, A. (2022). Organizational factors and specific risks on construction sites. *Journal of Safety Research*, 81, 270-282. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.03.004>
 7. Goh, Y. M., & Chua, D. K. H. (2010). Case-Based Reasoning Approach to Construction Safety Hazard Identification: Adaptation and Utilization. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(2), 170-178. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000116](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000116)
 8. Halinskyi, O. M., Yemelianova, O. M., & Tytok, V. V. (2021). Risk management in the design of the organization and construction technology and their implementation. *Ways of increasing construction efficiency in the conditions of market relations formation*, 1(48), 124-137. [In Ukrainian].
 9. Hallowell, M. R., Bhandari, S., & Alruqi, W. (2020). Methods of safety prediction: Analysis and integration of risk assessment, leading indicators, precursor analysis, and safety climate. *Construction Management and Economics*, 38(4), 308-321. <https://doi.org/10.1080/01446193.2019.1598566>
 10. Honcharenko, T. A. (2019). Verification of information models of construction objects. *Management of the development of complex systems*, 39, 69-74. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11340656>
 11. Horda, O. V. (2020). Topology of information space in construction]. *Construction production*, 70, 39-44. <https://doi.org/10.36750/25242555.70.39-44>
 12. Ivanova, L. S. (2021). Information technologies for modeling the life cycle of buildings and structures. *Science, Engineering and Technology: Global Trends, Problems and Solutions*: International scientific and practical conference, Prague, Czech Republic, Prague: Baltija Publishing, 193-196. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-046-9-47>
 13. Lahunova, I. A. (2019). Technical regulation as a mechanism of public risk management in construction: ways and prospects of development. *Investments: Practice and Experience*, 1, 90-96. https://doi.org/10.32702/2306_6814.2019.1.90
 14. Martinez-Rojas, M., Martín Antolín, R., & Salguero-Caparrós, F. (2020). Management of construction Safety and Health Plans based on automated content analysis. *Automation in Construction*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103362>
 15. On making changes to some legislative acts of Ukraine regarding the reform of the sphere of urban planning activity: draft Law No. 5655 dated 11.06.2021. Retrieved from: https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=72212. [In Ukrainian].
 16. On the approval of the Concept of the implementation of construction information modeling technologies (BIM-technologies) in Ukraine and the approval of the plan of measures for its implementation: Decree of the CMU No. 152-r dated 02.17.2021. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D180#Text>. [In Ukrainian].
 17. Pereira, E., Ahn, S., Han, S., & Abourizk, S. (2018). Identification and association of high-priority safety management system factors and accident precursors for proactive safety assessment and control. *Journal of Management in Engineering*, 34(1), 562. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000562](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000562)
 18. Petrenko, H., Hrynenko, I., Nikolaiev, H., Petrukha, N., Ryzhakova, H., & Rohach, K. (2022). Determination of system-wide determinants of dynamic development of construction enterprises in the concepts of compliance and risk management. *Management of the development of complex systems*, 49, 105-112. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.49.105-112>
 19. Pokolenko, V. O., Klymchuk, M. M., & Ilina, T. A. (2019). Formation of the risk management mechanism of construction projects on the basis of compensatory technology "Tax Increment Financing". *Business Inform*, 2(493), 218-223. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-2-218-223>
 20. State building regulations of Ukraine. (2018). Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine. [In Ukrainian].
 21. Stetsenko, S. P., & Ilina, T. A. (2019). Hierarchical model of assessment of infrastructural risks of entrepreneurial activity in construction. Hierarchical model of assessment of infrastructural risks of entrepreneurial activity in construction. *Scientific works of NDFI*, 1, 74-84. [In Ukrainian].
 22. Takim, R., Harris, M., & Nawawi, A. H. (2013). Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for quality of life within Architectural, Engineering and Construction (AEC) industry. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 101, 23-32. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.07.175>
 23. Trach, R. V. (2017). Information modeling in construction (BIM technologies): essence, stages of development and development prospects. *Global and national problems of economics*, 16, 490-495. [In Ukrainian].
 24. Yurchenko, O. V., & Dedylova, T. V. (2019). Optimization of environmental risks during the construction and operation of highways. *Problems and prospects of entrepreneurship development*, 22, 200-209. <https://doi.org/10.30977/PPB.2226-8820.2019.22.0.200>

Yu. V. Pidlypnyi¹, T. V. Hushtan¹, L. P. Kahanets-Havrylko², O. S. Samsonov¹

¹ *Uzhgorod Institute of Trade and Economics of State University of Trade and Economics, Uzhgorod, Ukraine*

² *Separated Structural Unit "Uzhhorod Trade and Economics Qualifying College by State University of Trade and Economics", Uzhgorod, Ukraine*

POSSIBILITIES OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) FOR DIGITIZED RISK MANAGEMENT IN CONSTRUCTION

The article is devoted to the development of a conceptual approach to the management of construction risks in a digitalized environment using ontological structuring to accumulate knowledge about risks, factors and ways of their actualization. In the environment of domestic construction organizations, information technologies for creating and sharing knowledge are not used enough and do not cover risk management processes, which confirms the relevance of the chosen topic. In the course of research, the analysis of scientific literature was carried out, the methods of grouping and structuring of information were used, and also the technological capabilities of building information modeling (BIM) and semantic web technology were evaluated to create an ontological methodology for managing knowledge about construction risks in a digitalized environment. The main problems of risk management in construction are structured. Modern tools of informatization of the risk management system, digitized methods of

their analysis and modeling are considered. The process of making a decision on the introduction of the latest digital technologies in construction is analyzed. It is proposed to model classified knowledge into a semantic network in order to create a map of risks and record their possible interaction and interdependence. The search mechanisms are shown to allow dynamical linking knowledge about risks in the BIM environment and being used to develop recommendations for specific construction projects. The advantages of using BIM in supporting safety planning and integrating automated risk identification on specialized digital platforms are outlined. It is proposed to semantically annotate risk knowledge using ontology concepts for structuring, organization, storage, reuse of risk knowledge, its pathways and actualizers, and further informed search through annotations. Knowledge about construction risks is recommended to be described in terms of risk categories and object monitoring categories. Our research has also revealed that the modeling of interdependencies between risks, factors and ways of their actualization into a semantic network of knowledge provides visual support for the information map. Remarks and limitations of the presented conceptual solution are indicated and ways of their partial solution are outlined. Thus, the proposed concept is aimed at ensuring identification of construction processes and potential risks, analysis of risk factors and pathways, adequate selection of preventive measures regarding risks to prevent their occurrence. In the future, it is planned to include other types of risks in the concept, in particular, logistical and infrastructural ones.

Keywords: construction project; digitized environment; web technologies; digital knowledge base; ontological structuring; semantic data search.